

INTRODUCTION

A L'ÉTUDE DE LA

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE

PAR

M. CLAUDE BERNARD

Membre de l'Institut de France (Académie des sciences)
et de l'Académie impériale de médecine

Professeur de médecine au Collège de France
Professeur de physiologie générale à la Faculté des sciences

Membre de la Société royale de Londres
de l'Académie des sciences de Saint-Petersbourg
et de l'Académie des sciences de Berlin



PARIS

J. B. BAILLIÈRE ET FILS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE
Rue Hautefeuille, 19

Londres

HIPPOLYTE BAILLIÈRE

Madrid

C. BAILLY-BAILLIÈRE

1865

Tous droits réservés

§ III. — De la vivisection.

On n'a pu découvrir les lois de la matière brute qu'en pénétrant dans les corps ou dans les machines inertes, de même on ne pourra arriver à connaître les

lois et les propriétés de la matière vivante qu'en disloquant les organismes vivants pour s'introduire dans leur milieu intérieur. Il faut donc nécessairement, après avoir disséqué sur le mort, disséquer sur le vif, pour mettre à découvert et voir fonctionner les parties intérieures ou cachées de l'organisme ; c'est à ces sortes d'opérations qu'on donne le nom de *vivisections*, et sans ce mode d'investigation, il n'y a pas de physiologie ni de médecine scientifique possibles : pour apprendre comment l'homme et les animaux vivent, il est indispensable d'en voir mourir un grand nombre, parce que les mécanismes de la vie ne peuvent se dévoiler et se prouver que par la connaissance des mécanismes de la mort.

A toutes les époques on a senti cette vérité et, dès les temps les plus anciens, on a pratiqué, dans la médecine, non-seulement des expériences thérapeutiques, mais même des vivisections. On raconte que des rois de Perse livraient les condamnés à mort aux médecins afin qu'ils fissent sur eux des vivisections utiles à la médecine. Au dire de Galien, Attale III, Philométor, qui régnait cent trente-sept ans avant Jésus-Christ, à Pergame, expérimentait les poisons et les contre-poisons sur des criminels condamnés à mort (1). Celse rappelle et approuve les vivisections d'Hérophile et d'Erasistrate pratiquées sur des criminels, par le consentement des Ptolémées. Il n'est pas cruel, dit-il, d'imposer des supplices à quelques coupables, suppli-

(1) Daniel Leclerc, *Histoire de la médecine*, p. 338.

ces qui doivent profiter à des multitudes d'innocents pendant le cours de tous les siècles (1). Le grand-duc de Toscane fit remettre à Fallope, professeur d'anatomie à Pise, un criminel avec permission qu'il le fit mourir ou qu'il le disséquât à son gré. Le condamné ayant une fièvre quarte, Fallope voulut expérimenter l'influence des effets de l'opium sur les paroxysmes. Il administra deux gros d'opium pendant l'intermission; la mort survint à la deuxième expérimentation (2). De semblables exemples se sont retrouvés plusieurs fois, et l'on connaît l'histoire de l'archer de Meudon (3), qui reçut sa grâce parce qu'on pratiqua sur lui la néphrotomie avec succès. Les vivisections sur les animaux remontent également très-loin. On peut considérer Galien comme le fondateur des vivisections sur les animaux. Il institua ses expériences en particulier sur des singes ou sur des jeunes porcs, et il décrivit les instruments et les procédés employés pour l'expérimentation. Galien ne pratiqua guère que des expériences du genre de celles que nous avons appelées expériences perturbatrices, et qui consistent à blesser, à détruire ou à enlever une partie afin de juger de son usage par le trouble que sa soustraction produit. Galien a résumé les expériences faites avant lui, et il a étudié par lui-même les effets de la destruction de la moelle épinière à des hauteurs diverses, ceux de la perforation de la poitrine.

(1) Celsus, *De medicind*, in præfatione, edit. Elzevir de Vander Linden, p. 6 et 7.

(2) Astruc, *De morbis venereis*, t. II, p. 748 et 749.

(3) Rayer, *Traité des maladies des reins*, t. III, p. 213. Paris, 1841.

d'un côté ou des deux côtés à la fois; les effets de la section des nerfs qui se rendent aux muscles intercostaux et de celle du nerf récurrent. Il a lié les artères, institué des expériences sur le mécanisme de la déglutition (1). Depuis Galien, il y a toujours eu, de loin en loin, au milieu des systèmes médicaux, des vivisecteurs éminents. C'est à ce titre que les noms des de Graaf, Harvey, Aselli, Pecquet, Haller, etc., se sont transmis jusqu'à nous. De notre temps, et surtout sous l'influence de Magendie, la vivisection est entrée définitivement dans la physiologie et dans la médecine comme un procédé d'étude habituel et indispensable.

Les préjugés qui se sont attachés au respect des cadavres ont pendant très-longtemps arrêté les progrès de l'anatomie. De même la vivisection a rencontré dans tous les temps des préjugés et des détracteurs. Nous n'avons pas la prétention de détruire tous les préjugés dans le monde; nous n'avons pas non plus à nous occuper ici de répondre aux arguments des détracteurs des vivisections, puisque par là même ils nient la médecine expérimentale, c'est-à-dire la médecine scientifique. Toutefois nous examinerons quelques questions générales et nous poserons ensuite le but scientifique que se proposent les vivisections.

D'abord a-t-on le droit de pratiquer des expériences et des vivisections sur l'homme? Tous les jours le médecin fait des expériences thérapeutiques sur ses ma-

(1) Dezeimeris, *Dictionnaire historique*, t. II, p. 444. — Daremberg, *Exposition des connaissances de Galien sur l'anatomie pathologique et la pathologie du système nerveux*. Thèse, 1841, p. 13 et 80.

lades, et tous les jours le chirurgien pratique des vivisections sur ses opérés. On peut donc expérimenter sur l'homme, mais dans quelles limites? On a le devoir et par conséquent le droit de pratiquer sur l'homme une expérience toutes les fois qu'elle peut lui sauver la vie, le guérir ou lui procurer un avantage personnel. Le principe de moralité médicale et chirurgicale consiste donc à ne jamais pratiquer sur un homme une expérience qui ne pourrait que lui être nuisible à un degré quelconque, bien que le résultat pût intéresser beaucoup la science, c'est-à-dire la santé des autres. Mais cela n'empêche pas qu'en faisant les expériences et les opérations toujours exclusivement au point de l'intérêt du malade qui les subit, elles ne tournent en même temps au profit de la science. En effet il ne saurait en être autrement; un vieux médecin qui a souvent administré les médicaments et qui a beaucoup traité de malades, sera plus expérimenté, c'est-à-dire expérimentera mieux sur ses nouveaux malades parce qu'il s'est instruit par les expériences qu'il a faites sur d'autres. Le chirurgien qui a souvent pratiqué des opérations dans des cas divers s'instruira et se perfectionnera expérimentalement. Donc, on le voit, l'instruction n'arrive jamais que par l'expérience, et cela rentre tout à fait dans les définitions que nous avons données au commencement de cette introduction.

Peut-on faire des expériences ou des vivisections sur les condamnés à mort? On a cité des exemples analogues à celui que nous avons rappelé plus haut, et dans lesquels on s'était permis des opérations dangereuses

en offrant aux condamnés leur grâce en échange. Les idées de la morale moderne réprouvent ces tentatives; je partage complètement ces idées. Cependant, je considère comme très-utile à la science et comme parfaitement permis de faire des recherches sur les propriétés des tissus aussitôt après la décapitation chez les suppliciés. Un helminthologiste fit avaler à une femme condamnée à mort des larves de vers intestinaux, sans qu'elle le sût, afin de voir après sa mort si les vers s'étaient développés dans ses intestins (1). D'autres ont fait des expériences analogues sur des malades phthisiques devant bientôt succomber; il en est qui ont fait les expériences sur eux-mêmes. Ces sortes d'expériences étant très-intéressantes pour la science, et ne pouvant être concluantes que sur l'homme, me semblent très-permises quand elles n'entraînent aucune souffrance ni aucun inconvénient chez le sujet expérimenté. Car, il ne faut pas s'y tromper, la morale ne défend pas de faire des expériences sur son prochain ni sur soi-même; dans la pratique de la vie, les hommes ne font que faire des expériences les uns sur les autres. La morale chrétienne ne défend qu'une seule chose, c'est de faire du mal à son prochain. Donc, parmi les expériences qu'on peut tenter sur l'homme, celles qui ne peuvent que nuire sont défendues, celles qui sont innocentes sont permises, et celles qui peuvent faire du bien sont commandées.

Maintenant se présente cette autre question. A-t-on

(1) Davaine, *Traité des entozoaires*. Paris, 1860. *Synopsis*, p. xxvii.

le droit de faire des expériences et des vivisections sur les animaux? Quant à moi, je pense qu'on a ce droit d'une manière entière et absolue. Il serait bien étrange, en effet, qu'on reconnût que l'homme a le droit de se servir des animaux pour tous les usages de la vie, pour ses services domestiques, pour son alimentation, et qu'on lui défendît de s'en servir pour s'instruire dans une des sciences les plus utiles à l'humanité. Il n'y a pas à hésiter; la science de la vie ne peut se constituer que par des expériences, et l'on ne peut sauver de la mort des êtres vivants qu'après en avoir sacrifié d'autres. Il faut faire les expériences sur les hommes ou sur les animaux. Or, je trouve que les médecins font déjà trop d'expériences dangereuses sur les hommes avant de les avoir étudiées soigneusement sur les animaux. Je n'admets pas qu'il soit moral d'essayer sur les malades dans les hôpitaux des remèdes plus ou moins dangereux ou actifs, sans qu'on les ait préalablement expérimentés sur des chiens; car je prouverai plus loin que tout ce que l'on obtient chez les animaux peut parfaitement être concluant pour l'homme quand on sait bien expérimenter. Donc, s'il est immoral de faire sur un homme une expérience dès qu'elle est dangereuse pour lui, quoique le résultat puisse être utile aux autres, il est essentiellement moral de faire sur un animal des expériences, quoique douloureuses et dangereuses pour lui, dès qu'elles peuvent être utiles pour l'homme.

Après tout cela, faudra-t-il se laisser émouvoir par les cris de sensibilité qu'ont pu pousser les gens du monde, ou par les objections qu'ont pu faire les hommes

étrangers aux idées scientifiques? Tous les sentiments sont respectables, et je me garderai bien d'en jamais froisser aucun. Je les explique très-bien, et c'est pour cela qu'ils ne m'arrêtent pas. Je comprends parfaitement que les médecins qui se trouvent sous l'influence de certaines idées fausses et à qui le sens scientifique manque, ne puissent pas se rendre compte de la nécessité des expériences et des vivisections pour constituer la science biologique. Je comprends parfaitement aussi que les gens du monde, qui sont mus par des idées tout à fait différentes de celles qui animent le physiologiste, jugent tout autrement que lui les vivisections. Il ne saurait en être autrement. Nous avons dit quelque part dans cette introduction que, dans la science, c'est l'idée qui donne aux faits leur valeur et leur signification. Il en est de même dans la morale, il en est de même partout. Des faits identiques matériellement peuvent avoir une signification morale opposée, suivant les idées auxquelles ils se rattachent. Le lâche assassin, le héros et le guerrier plongent également le poignard dans le sein de leur semblable. Qu'est-ce qui les distingue, si ce n'est l'idée qui dirige leur bras? Le chirurgien, le physiologiste et Néron se livrent également à des mutilations sur des êtres vivants. Qu'est-ce qui les distingue encore, si ce n'est l'idée? Je n'essayerai donc pas, à l'exemple de Le Gallois (1), de justifier les physiologistes du reproche de cruauté que leur adressent les gens étrangers à la science; la différence des idées ex-

(1) Le Gallois, *Œuvres*, Paris, 1824. Avant-propos, p. xxx.

plique tout. Le physiologiste n'est pas un homme du monde, c'est un savant, c'est un homme qui est saisi et absorbé par une idée scientifique qu'il poursuit : il n'entend plus les cris des animaux, il ne voit plus le sang qui coule, il ne voit que son idée et n'aperçoit que des organismes qui lui cachent des problèmes qu'il veut découvrir. De même le chirurgien n'est pas arrêté par les cris et les sanglots les plus émouvants, parce qu'il ne voit que son idée et le but de son opération. De même encore l'anatomiste ne sent pas qu'il est dans un charnier horrible ; sous l'influence d'une idée scientifique, il poursuit avec délices un filet nerveux dans des chairs puantes et livides qui seraient pour tout autre homme un objet de dégoût et d'horreur. D'après ce qui précède, nous considérons comme oiseuses ou absurdes toutes discussions sur les vivisections. Il est impossible que des hommes qui jugent les faits avec des idées si différentes puissent jamais s'entendre ; et comme il est impossible de satisfaire tout le monde, le savant ne doit avoir souci que de l'opinion des savants qui le comprennent, et ne tirer de règle de conduite que de sa propre conscience.

Le principe scientifique de la vivisection est d'ailleurs facile à saisir. Il s'agit toujours, en effet, de séparer ou de modifier certaines parties de la machine vivante, afin de les étudier, et de juger ainsi de leur usage ou de leur utilité. La vivisection, considérée comme méthode analytique d'investigation sur le vivant, comprend un grand nombre de degrés successifs, car on peut avoir à agir soit sur les appareils organiques, soit sur les or-

ganes, soit sur les tissus ou sur les éléments histologiques eux-mêmes. Il y a des vivisections extemporanées et d'autres vivisections dans lesquelles on produit des mutilations dont on étudie les suites en conservant les animaux. D'autres fois la vivisection n'est qu'une autopsie faite sur le vif, ou une étude des propriétés des tissus immédiatement après la mort. Ces procédés divers d'étude analytique des mécanismes de la vie, chez l'animal vivant, sont indispensables, ainsi que nous le verrons, à la physiologie, à la pathologie et à la thérapeutique. Toutefois, il ne faudrait pas croire que la vivisection puisse constituer à elle seule toute la méthode expérimentale appliquée à l'étude des phénomènes de la vie. La vivisection n'est qu'une dissection anatomique sur le vivant; elle se combine nécessairement avec tous les autres moyens physico-chimiques d'investigation qu'il s'agit de porter dans l'organisme. Réduite à elle-même, la vivisection n'aurait qu'une portée restreinte et pourrait même, dans certains cas, nous induire en erreur sur le véritable rôle des organes. Par ces réserves je ne nie pas l'utilité ni même la nécessité absolue de la vivisection dans l'étude des phénomènes de la vie; je la déclare seulement insuffisante. En effet, nos instruments de vivisection sont tellement grossiers et nos sens si imparfaits, que nous ne pouvons atteindre dans l'organisme que des parties grossières et complexes. La vivisection, sous le microscope, arriverait à une analyse bien plus fine, mais elle offre de très-grandes difficultés et n'est applicable qu'à de très-petits animaux.

Mais quand nous sommes arrivés aux limites de la vivisection, nous avons d'autres moyens de pénétrer plus loin et de nous adresser même aux parties élémentaires de l'organisme dans lesquelles siègent les propriétés élémentaires des phénomènes vitaux. Ces moyens sont les poisons que nous pouvons introduire dans la circulation et qui vont porter leur action spécifique sur tel ou tel élément histologique. Les empoisonnements localisés, ainsi que les ont déjà employés Fontana et J. Müller, constituent de précieux moyens d'analyse physiologique. Les poisons sont de véritables réactifs de la vie, des instruments d'une délicatesse extrême qui vont disséquer les éléments vitaux. Je crois avoir été le premier à considérer l'étude des poisons à ce point de vue, car je pense que l'étude attentive des modificateurs histologiques doit former la base commune de la physiologie générale, de la pathologie et de la thérapeutique. En effet, c'est toujours aux éléments organiques qu'il faut remonter pour trouver les explications vitales les plus simples.

En résumé, la vivisection est la dislocation de l'organisme vivant à l'aide d'instruments et de procédés qui peuvent en isoler les différentes parties. Il est facile de comprendre que cette dissection sur le vivant suppose la dissection préalable sur le mort.

§ VI. — De la diversité des animaux soumis à l'expérimentation; de la variabilité des conditions organiques dans lesquelles ils s'offrent à l'expérimentateur.

Tous les animaux peuvent servir aux recherches physiologiques, parce que la vie et la maladie se retrouvent partout le résultat des mêmes propriétés et des mêmes lésions, quoique les mécanismes des manifestations vitales varient beaucoup. Toutefois les animaux qui ser-

vent le plus au physiologiste, sont ceux qu'il peut se procurer le plus facilement, et à ce titre il faut placer au premier rang les animaux domestiques, tels que le chien, le chat, le cheval, le lapin, le bœuf, le mouton, le porc, les oiseaux de basse-cour, etc. Mais s'il fallait tenir compte des services rendus à la science, la grenouille mériterait la première place. Aucun animal n'a servi à faire de plus grandes et de plus nombreuses découvertes sur tous les points de la science, et encore aujourd'hui, sans la grenouille la physiologie serait impossible. Si la grenouille est, comme on l'a dit, le Job de la physiologie, c'est-à-dire l'animal le plus maltraité par l'expérimentateur, elle est l'animal qui, sans contredit, s'est associé le plus directement à ses travaux et à sa gloire scientifique (1). A la liste des animaux cités précédemment, il faut en ajouter encore un grand nombre d'autres à sang chaud ou à sang froid, vertébrés ou invertébrés, et même des infusoires qui peuvent être utilisés pour des recherches spéciales. Mais la diversité spécifique ne constitue pas la seule différence que présentent les animaux soumis à l'expérimentation par le physiologiste; ils offrent encore, par les conditions où ils se trouvent, un très-grand nombre de différences qu'il importe d'examiner ici; car c'est dans la connaissance et l'appréciation de ces conditions individuelles que résident toute l'exactitude biologique et toute la précision de l'expérimentation.

La première condition pour instituer une expérience,

(1) C. Duméril, *Notice historique sur les découvertes faites dans les sciences d'observation par l'étude de l'organisme des grenouilles*. 1840.

c'est que les circonstances en soient assez bien connues et assez exactement déterminées pour qu'on puisse toujours s'y replacer et reproduire à volonté les mêmes phénomènes. Nous avons dit ailleurs que cette condition fondamentale de l'expérimentation est relativement très-facile à remplir chez les êtres bruts, et qu'elle est entourée de très-grandes difficultés chez les êtres vivants, particulièrement chez les animaux à sang chaud. En effet, il n'y a plus seulement à tenir compte des variations du milieu cosmique ambiant, mais il faut encore tenir compte des variations du milieu organique, c'est-à-dire de l'état actuel de l'organisme animal. On serait donc grandement dans l'erreur si l'on croyait qu'il suffit de faire une expérience sur deux animaux de la même espèce pour être placé exactement dans les mêmes conditions expérimentales. Il y a dans chaque animal des conditions physiologiques de milieu intérieur qui sont d'une variabilité extrême, et qui, à un moment donné, introduisent des différences considérables au point de vue de l'expérimentation entre des animaux de la même espèce qui ont une apparence extérieure identique. Je crois avoir, plus qu'aucun autre, insisté sur la nécessité d'étudier ces diverses conditions physiologiques, et avoir montré qu'elles sont la base essentielle de la physiologie expérimentale.

En effet, il faut admettre que, chez un animal, les phénomènes vitaux ne varient que suivant des conditions de milieu intérieur précises et déterminées. On cherchera donc à trouver ces conditions physiologiques

expérimentales au lieu de faire des tableaux des variations de phénomènes, et de prendre des moyennes comme expression de la vérité ; on arriverait ainsi à des conclusions qui, quoique fournies par des statistiques exactes, n'auraient pas plus de réalité scientifique que si elles étaient purement arbitraires. Si en effet on voulait effacer la diversité que présentent les liquides organiques en prenant les moyennes de toutes les analyses d'urine ou de sang faites même sur un animal de même espèce, on aurait ainsi une composition idéale de ces humeurs qui ne correspondrait à aucun état physiologique déterminé de cet animal. J'ai montré, en effet, qu'à jeun les urines ont toujours une composition déterminée et identique ; j'ai montré que le sang qui sort d'un organe est tout à fait différent, suivant que l'organe est à l'état de fonction ou de repos. Si l'on recherchait le sucre dans le foie, par exemple, et qu'on fit des tables d'absence et de présence, et qu'on prît des moyennes pour savoir combien de fois sur cent il y a du sucre ou de la matière glycogène dans cet organe, on aurait un nombre qui ne signifierait rien, quel qu'il fût, parce qu'en effet j'ai montré qu'il y a des conditions physiologiques dans lesquelles il y a *toujours* du sucre, et d'autres conditions dans lesquelles il n'y en a *jamaïs*. Si maintenant, se plaçant à un autre point de vue, on voulait considérer comme bonnes toutes les expériences dans lesquelles il y a du sucre hépatique, et considérer comme mauvaises toutes celles dans lesquelles on n'en rencontre pas, on tomberait dans un autre genre d'erreur non moins répréhensible. J'ai

posé en effet en principe : *qu'il n'y a jamais de mauvaises expériences* ; elles sont toutes bonnes dans leurs conditions déterminées, de sorte que les résultats négatifs ne peuvent infirmer les résultats positifs. Je reviendrai d'ailleurs plus loin sur cet important sujet. Pour le moment je veux seulement appeler l'attention des expérimentateurs sur l'importance qu'il y a à préciser les conditions organiques, parce qu'elles sont, ainsi que je l'ai déjà dit, la seule base de la physiologie et de la médecine expérimentales. Ils me suffira, dans ce qui va suivre, de donner quelques indications, car c'est à propos de chaque expérience en particulier qu'il s'agira ensuite d'examiner ces conditions, aux trois points de vue physiologique, pathologique et thérapeutique.

Dans toute expérience sur les animaux vivants, il y a à considérer, indépendamment des conditions cosmiques générales, trois ordres de conditions physiologiques propres à l'animal, savoir : conditions anatomiques opératoires, conditions physico-chimiques du milieu intérieur, conditions organiques élémentaires des tissus.

1° Conditions anatomiques opératoires. — L'anatomie est la base nécessaire de la physiologie, et jamais on ne deviendra bon physiologiste si l'on n'est préalablement profondément versé dans les études anatomiques et rompu aux dissections délicates, de manière à pouvoir faire toutes les préparations que nécessitent souvent les expériences physiologiques. En effet, l'anatomie physiologique opératoire n'est pas encore fondée ; l'anatomie comparée des zoologistes est trop superficielle et trop vague pour que le physiologiste y puisse

trouver les connaissances topographiques précises dont il a besoin; l'anatomie des animaux domestiques est faite par les vétérinaires à un point de vue trop spécial et trop restreint, pour être d'une grande utilité à l'expérimentateur. De sorte que le physiologiste en est réduit à exécuter lui-même le plus ordinairement les recherches anatomiques dont il a besoin pour instituer ses expériences. On comprendra en effet que, quand il s'agit de couper un nerf, de lier un conduit ou d'injecter un vaisseau, il soit absolument indispensable de connaître les dispositions anatomiques des parties sur l'animal opéré, afin de comprendre et de préciser les résultats physiologiques de l'expérience. Il y a des expériences qui seraient impossibles chez certaines espèces animales, et le choix intelligent d'un animal présentant une disposition anatomique heureuse est souvent la condition essentielle du succès d'une expérience et de la solution d'un problème physiologique très-important. Les dispositions anatomiques peuvent parfois présenter des anomalies qu'il faut également bien connaître, ainsi que les variétés qui s'observent d'un animal à l'autre. J'aurai donc le soin, dans la suite de cet ouvrage, de mettre toujours en regard la description des procédés d'expérience avec les dispositions anatomiques, et je montrerai que plus d'une fois les divergences d'opinions entre physiologistes ont eu pour cause des différences anatomiques dont on n'avait pas tenu compte dans l'interprétation des résultats de l'expérience. La vie n'étant qu'un mécanisme, il y a des dispositions anatomiques spéciales à certains animaux, qui

au premier abord pourraient paraître insignifiantes ou même des minuties futiles, et qui suffisent souvent pour faire différer complètement les manifestations physiologiques et constituer ce qu'on appelle une idiosyncrasie des plus importantes. Tel est le cas de la section des deux faciaux, qui est mortelle chez le cheval tandis qu'elle ne l'est pas chez d'autres animaux très-voisins.

2° *Conditions physico-chimiques du milieu intérieur.*

— La vie est manifestée par l'action des excitants extérieurs sur les tissus vivants qui sont irritables et réagissent en manifestant leurs propriétés spéciales. Les conditions physiologiques de la vie ne sont donc rien autre chose que les excitants physico-chimiques spéciaux qui mettent en activité les tissus vivants de l'organisme. Ces excitants se rencontrent dans l'atmosphère ou dans le milieu qu'habite l'animal; mais nous savons que les propriétés de l'atmosphère extérieure générale passent dans l'atmosphère organique intérieure dans laquelle se rencontrent toutes les conditions physiologiques de l'atmosphère extérieure, plus un certain nombre d'autres qui sont propres au milieu intérieur. Il nous suffira de nommer ici les conditions physico-chimiques principales du milieu intérieur sur lesquelles l'expérimentateur doit porter son attention. Ce ne sont d'ailleurs que les conditions que doit présenter tout milieu dans lequel la vie se manifeste.

L'eau est la condition première indispensable à toute manifestation vitale, comme à toute manifestation des phénomènes physico-chimiques. On peut distinguer, dans le milieu cosmique extérieur, des animaux aquati-

ques et des animaux aériens; mais cette distinction ne peut plus se faire pour les éléments histologiques; plongés dans le milieu intérieur, ils sont aquatiques chez tous les êtres vivants, c'est-à-dire qu'ils vivent baignés par des liquides organiques qui renferment de très-grandes quantités d'eau. La proportion d'eau atteint parfois de 90 à 99 pour 100 dans les liquides organiques, et quand cette proportion d'eau diminue notablement, il en résulte des troubles physiologiques spéciaux. C'est ainsi qu'en enlevant de l'eau aux grenouilles par l'exposition prolongée d'un air très-sec, et par l'introduction dans le corps de substances douées d'un équivalent endosmotique très-élevé, on diminue la quantité d'eau du sang, et l'on voit survenir alors des cataractes et des phénomènes convulsifs qui cessent dès qu'on restitue au sang sa proportion d'eau normale. La soustraction totale de l'eau dans les corps vivants amène invariablement la mort chez les grands organismes pourvus d'éléments histologiques délicats; mais il est bien connu que pour de petits organismes inférieurs la soustraction d'eau ne fait que suspendre la vie. Les phénomènes vitaux réapparaissent dès qu'on rend aux tissus l'eau qui est une condition des plus indispensables de leur manifestation vitale. Tels sont les cas de réviviscence des rotifères, des tardigrades, des anguillules du blé niellé. Il y a une foule de cas de vie latente dans les végétaux et dans les animaux, qui sont dus à la soustraction de l'eau des organismes.

La *température* influe considérablement sur la vie. L'élévation de la température rend plus actifs les phé-

nomènès vitaux aussi bien que la manifestation des phénomènes physico-chimiques. L'abaissement de la température diminue l'énergie des phénomènes physico-chimiques et engourdit les manifestations de la vie. Dans le milieu cosmique extérieur, les variations de température constituent les saisons, qui ne sont en réalité caractérisées que par la variation des manifestations de la vie animale ou végétale à la surface de la terre. Ces variations n'ont lieu que parce que le milieu intérieur ou l'atmosphère organique des plantes et de certains animaux se met en équilibre avec l'atmosphère extérieure. Si l'on place les plantes dans des serres chaudes, l'influence hibernale cesse de se faire sentir, il en est de même pour les animaux à sang froid et hibernants. Mais les animaux à sang chaud maintiennent en quelque sorte leurs éléments organiques en serre chaude; aussi ne sentent-ils pas l'influence de l'hibernation. Toutefois, comme ce n'est ici qu'une résistance particulière du milieu intérieur à se mettre en équilibre de température avec le milieu extérieur, cette résistance peut être vaincue dans certains cas, et les animaux à sang chaud peuvent eux-mêmes, dans quelques circonstances, s'échauffer ou se refroidir. Les limites supérieures de température compatibles avec la vie ne montent pas en général au delà de 75 degrés. Les limites inférieures ne descendent généralement pas au delà de la température capable de congeler les liquides organiques végétaux ou animaux. Toutefois ces limites peuvent varier. Chez les animaux à sang chaud, la température de l'atmosphère intérieure et normale-

ment de 38 à 40 degrés; elle ne peut pas dépasser + 45 à 50 degrés, ni descendre au delà de — 15 à 20 degrés, sans amener des troubles physiologiques ou même la mort quand ces variations sont rapides. Chez les animaux hibernants l'abaissement de température, arrivant graduellement, peut descendre beaucoup plus bas en amenant la disparition progressive des manifestations de la vie jusqu'à la léthargie ou la vie latente qui peut durer quelquefois un temps très-long, si la température ne varie pas.

L'*air* est nécessaire à la vie de tous les êtres végétaux ou animaux; l'air existe donc dans l'atmosphère organique intérieure. Les trois gaz de l'air extérieur : oxygène, azote et acide carbonique, sont en dissolution dans les liquides organiques où les éléments histologiques respirent directement comme les poissons dans l'eau. La cessation de la vie par soustraction des gaz, et particulièrement de l'oxygène, est ce qu'on appelle la mort par asphyxie. Il y a chez les êtres vivants un échange constant entre les gaz du milieu intérieur et les gaz du milieu extérieur; toutefois les végétaux et les animaux, comme on sait, ne se ressemblent pas sous le rapport des altérations qu'ils produisent dans l'air ambiant.

La *pression* existe dans l'atmosphère extérieure; on sait que l'air exerce sur les êtres vivants à la surface de la terre une pression qui soulève une colonne de mercure à la hauteur de 0^m,76 environ. Dans l'atmosphère intérieure des animaux à sang chaud, les liquides nourriciers circulent sous l'influence d'une pression supérieure à la pression atmosphérique extérieure, à peu

près 150^{mm}, mais cela n'indique pas nécessairement que les éléments histologiques supportent réellement cette pression. L'influence des variations de pressions sur les manifestations de la vie des éléments organiques est d'ailleurs peu connue. On sait toutefois que la vie ne peut pas se produire dans un air trop raréfié, parce qu'alors non-seulement les gaz de l'air ne peuvent pas se dissoudre dans le liquide nourricier, mais les gaz qui étaient dissous dans ce dernier se dégagent. C'est ce qu'on observe quand on met un petit animal sous la machine pneumatique; ses poumons sont obstrués par les gaz devenus libres dans le sang. Les animaux articulés résistent beaucoup plus à cette raréfaction de l'air, ainsi que l'ont prouvé diverses expériences. Les poissons dans la profondeur des mers vivent quelquefois sous une pression considérable.

La *composition chimique* du milieu cosmique ou extérieur est très-simple et constante. Elle est représentée par la composition de l'air qui reste identique, sauf les proportions de vapeur d'eau et quelques conditions électriques et ozonifiantes qui peuvent varier. La composition chimique des milieux internes ou organiques est beaucoup plus complexe, et cette complication augmente à mesure que l'animal devient lui-même plus élevé et plus complexe. Les milieux organiques, avons-nous dit, sont toujours aqueux; ils tiennent en dissolution des matières salines et organiques déterminées; ils présentent des réactions fixes. L'animal le plus inférieur a son milieu organique propre; un infusoire possède un milieu qui lui appartient, en ce sens

que, pas plus qu'un poisson, il n'est imbibé par l'eau dans laquelle il nage. Dans le milieu organique des animaux élevés, les éléments histologiques sont comme de véritables infusoires, c'est-à-dire qu'ils sont encore pourvus d'un milieu propre, qui n'est pas le milieu organique général. Ainsi le globule du sang est imbibé par un liquide qui diffère de la liqueur sanguine dans laquelle il nage.

3° *Conditions organiques.* — Les conditions organiques sont celles qui répondent à l'évolution ou aux modifications des propriétés vitales des éléments organiques. Les variations de ces conditions amènent nécessairement un certain nombre de modifications générales dont il importe de rappeler ici les traits principaux. Les manifestations de la vie deviennent plus variées, plus délicates et plus actives à mesure que les êtres s'élèvent dans l'échelle de l'organisation. Mais aussi, en même temps, les aptitudes aux maladies se manifestent plus multipliées. L'expérimentation, ainsi que nous l'avons déjà dit, se montre nécessairement d'autant plus difficile, que l'organisation est plus complexe.

Les espèces animales et végétales sont séparées par des conditions spéciales qui les empêchent de se mélanger, en ce sens que les fécondations, les greffes et les transfusions ne peuvent pas s'opérer d'un être à l'autre. Ce sont là des problèmes du plus haut intérêt, mais que je crois abordables et susceptibles de les réduire à des différences de propriétés physico-chimiques de milieu.

Dans la même espèce animale les races peuvent encore présenter un certain nombre de différences très-inté-

ressantes à connaître pour l'expérimentateur. J'ai constaté, dans les diverses races de chiens et de chevaux, des caractères physiologiques tout à fait particuliers qui sont relatifs à des degrés différents dans les propriétés de certains éléments histologiques particulièrement du système nerveux. Enfin on peut trouver chez des individus de la même race des particularités physiologiques qui tiennent encore à des variations spéciales de propriétés dans certains éléments histologiques. C'est ce qu'on appelle alors des *idiosyncrasies*.

Le même individu ne se ressemble pas lui-même à toutes les périodes de son évolution, c'est ce qui amène les différences relatives à l'âge. Dès la naissance, les phénomènes de la vie sont peu intenses, puis ils deviennent bientôt très-actifs pour se ralentir de nouveau vers la vieillesse.

Le sexe et l'état physiologique des organes génitaux peuvent amener des modifications quelquefois très-profondes, surtout chez des êtres inférieurs où les propriétés physiologiques des larves diffèrent dans certains cas complètement des propriétés des animaux parfaits et pourvus d'organes génitaux.

La mue amène des modifications organiques parfois si profondes, que les expériences pratiquées sur les animaux dans ces divers états ne donnent pas du tout les mêmes résultats (1).

L'hibernation amène aussi de grandes différences dans les phénomènes de la vie, et ce n'est pas du tout

(1) Voy. L. Ziegler, *Ueber die Brunst und den Embryo der Rehe*. Hannover, 1843.

la même chose d'opérer sur la grenouille ou sur le crapaud pendant l'été ou pendant l'hiver (1).

L'état de digestion ou d'abstinence, de santé ou de maladie, amène aussi des modifications très-grandes dans l'intensité des phénomènes de la vie, et par suite dans la résistance des animaux à l'influence de certaines substances toxiques et dans l'aptitude à contracter telle ou telle maladie parasitique ou virulente.

L'habitude est encore une condition des plus puissantes pour modifier les organismes. Cette condition est des plus importantes à tenir en considération, surtout quand on veut expérimenter l'action des substances toxiques ou médicamenteuses sur les organismes.

La taille des animaux amène aussi dans l'intensité des phénomènes vitaux des modifications importantes. En général, les phénomènes vitaux sont plus intenses chez les petits animaux que chez les gros, ce qui fait, comme on le verra plus loin, qu'on ne peut pas rigoureusement rapporter les phénomènes physiologiques au kilogramme d'animal.

En résumé, d'après tout ce qui a été dit précédemment, on voit quelle énorme complexité présente l'expérimentation chez les animaux, à raison des conditions innombrables dont le physiologiste est appelé à tenir compte. Néanmoins, on peut y parvenir quand on apporte, ainsi que nous venons de l'indiquer, une distinction et une subordination convenables dans l'appréciation de ces diverses conditions, et que l'on cherche

(1) Voy. Stannius, *Beobachtungen über Verjüngungsvorgänge im thierischen Organismus*. Rostoch und Schwerin, 1853.

à les rattacher à des circonstances physico-chimiques déterminées.

§ VII. — Du choix des animaux; de l'utilité que l'on peut tirer pour la médecine des expériences faites sur les diverses espèces animales.

Parmi les objections que les médecins ont adressées à l'expérimentation, il en est une qu'il importe d'examiner sérieusement, parce qu'elle consisterait à mettre en doute l'utilité que la physiologie et la médecine de l'homme peuvent retirer des études expérimentales faites sur les animaux. On a dit, en effet, que les expériences pratiquées sur le chien ou sur la grenouille ne pouvaient, dans l'application, être concluantes que pour le chien et pour la grenouille, mais jamais pour l'homme, parce que l'homme aurait une nature physiologique et pathologique qui lui est propre et diffère de celle de tous les autres animaux. On a ajouté que, pour être réellement concluantes pour l'homme, il faudrait que les expériences fussent faites sur des hommes ou sur des animaux aussi rapprochés de lui que possible. C'est certainement dans cette vue que Galien avait choisi pour sujet de ses expériences le singe, et Vésale le porc, comme ressemblant davantage à l'homme en sa qualité d'omnivore. Aujourd'hui encore beaucoup de personnes choisissent le chien pour expérimenter, non-seulement parce qu'il est plus facile de se procurer cet animal, mais aussi parce qu'elles pensent que les expériences que l'on pratique sur lui peuvent s'appliquer plus convenablement à l'homme que celles qui se pra-

tiqueraient sur la grenouille, par exemple. Qu'est-ce qu'il y a de fondé dans toutes ces opinions, quelle importance faut-il donner au choix des animaux relativement à l'utilité que les expériences peuvent avoir pour le médecin ?

Il est bien certain que pour les questions d'application immédiate à la pratique médicale, les expériences faites sur l'homme sont toujours les plus concluantes. Jamais personne n'a dit le contraire ; seulement, comme il n'est pas permis par les lois de la morale ni par celles de l'État de faire sur l'homme les expériences qu'exige impérieusement l'intérêt de la science, nous proclamons bien haut l'expérimentation sur les animaux, et nous ajoutons qu'au point de vue théorique, les expériences sur toutes les espèces d'animaux sont indispensables à la médecine, et qu'au point de vue de la pratique immédiate, elles lui sont très-utiles. En effet, il y a, ainsi que nous l'avons déjà souvent exprimé, deux choses à considérer dans les phénomènes de la vie : les propriétés fondamentales des éléments vitaux qui sont générales, puis des arrangements et des mécanismes d'organisations qui donnent les formes anatomiques et physiologiques spéciales à chaque espèce animale. Or, parmi tous les animaux sur lesquels le physiologiste et le médecin peuvent porter leur expérimentation, il en est qui sont plus propres les uns que les autres aux études qui dérivent de ces deux points de vue. Nous dirons seulement ici d'une manière générale que, pour l'étude des tissus, les animaux à sang froid ou les jeunes mammifères sont plus convenables,

parce que les propriétés des tissus vivants, disparaissant plus lentement, peuvent mieux être étudiées. Il est aussi des expériences dans lesquelles il convient de choisir certains animaux qui offrent des dispositions anatomiques plus favorables ou une susceptibilité particulière à certaines influences. Nous aurons soin, à chaque genre de recherches, d'indiquer le choix des animaux qu'il conviendra de faire. Cela est si important, que souvent la solution d'un problème physiologique ou pathologique résulte uniquement d'un choix plus convenable du sujet de l'expérience, qui rend le résultat plus clair ou plus probant.

La physiologie et la pathologie générales sont nécessairement fondées sur l'étude des tissus chez tous les animaux, car une pathologie générale qui ne s'appuierait pas essentiellement sur des considérations tirées de la pathologie comparée des animaux dans tous les degrés de l'organisation, ne peut constituer qu'un ensemble de généralités sur la pathologie humaine, mais jamais une pathologie générale dans le sens scientifique du mot. De même que l'organisme ne peut vivre que par le concours ou par la manifestation normale des propriétés d'un ou de plusieurs de ses éléments vitaux, de même l'organisme ne peut devenir malade que par la manifestation anormale des propriétés d'un ou de plusieurs de ses éléments vitaux. Or, les éléments vitaux étant de nature semblable dans tous les êtres vivants, ils sont soumis aux mêmes lois organiques, se développent, vivent, deviennent malades et meurent sous des influences de nature né-

cessairement semblables, quoique manifestés par des mécanismes variés à l'infini. Un poison ou une condition morbide qui agirait sur un élément histologique déterminé, devrait l'atteindre dans les mêmes circonstances chez tous les animaux qui en sont pourvus, sans cela ces éléments ne seraient plus de même nature ; et si l'on continuait à considérer comme de même nature des éléments vitaux qui réagiraient d'une manière opposée ou différente sous l'influence des réactifs normaux ou pathologiques de la vie, ce serait non-seulement nier la science en général, mais de plus introduire dans la biologie une confusion et une obscurité qui l'entraveraient absolument dans sa marche ; car, dans la science de la vie, le caractère qui doit être placé au premier rang et qui doit dominer tous les autres, c'est le caractère vital. Sans doute ce caractère vital pourra présenter de grandes diversités dans son degré et dans son mode de manifestation, suivant les circonstances spéciales des milieux ou des mécanismes que présenteront les organismes sains ou malades. Les organismes inférieurs possèdent moins d'éléments vitaux distincts que les organismes supérieurs ; d'où il résulte que ces êtres sont moins faciles à atteindre par les influences de mort ou de maladies. Mais dans les animaux de même classe, de même ordre ou de même espèce, il y a aussi des différences constantes ou passagères que le physiologiste médecin doit absolument connaître et expliquer, parce que, bien que ces différences ne reposent que sur des nuances, elles donnent aux phénomènes une expression essentiellement diffé-

rente. C'est précisément là ce qui constituera le problème de la science : rechercher l'unité de nature des phénomènes physiologiques et pathologiques au milieu de la variété infinie de leurs manifestations spéciales. L'expérimentation sur les animaux est donc une des bases de la physiologie et de la pathologie comparées ; et nous citerons plus loin des exemples qui prouveront combien il est important de ne point perdre de vue les idées qui précèdent.

L'expérimentation sur les animaux élevés fournit tous les jours des lumières sur les questions de physiologie et de pathologie spéciales qui sont applicables à la pratique, c'est-à-dire à l'hygiène ou à la médecine ; les études sur la digestion faites chez les animaux sont évidemment comparables aux mêmes phénomènes chez l'homme, et les observations de W. Beaumont sur son Canadien, comparées à celles que l'on a faites à l'aide des fistules gastriques chez le chien, l'ont surabondamment prouvé. Les expériences faites chez les animaux, soit sur les nerfs cérébro-spinaux, soit sur les nerfs vaso-moteurs et sécréteurs du grand sympathique, de même que les expériences sur la circulation, sont, en tout point, applicables à la physiologie et à la pathologie de l'homme. Les expériences faites sur des animaux, avec des substances délétères ou dans des conditions nuisibles, sont très-utiles et parfaitement concluantes pour la toxicologie et l'hygiène de l'homme. Les recherches sur les substances médicamenteuses ou toxiques sont également tout à fait applicables à l'homme au point de vue thérapeutique ; car, ainsi que je l'ai

montré (1), les effets de ces substances sont les mêmes chez l'homme et les animaux, sauf des différences de degrés. Dans les recherches de physiologie pathologique sur la formation du cal, sur la production du pus, et dans beaucoup d'autres recherches de pathologie comparée, les expériences sur les animaux sont d'une utilité incontestable pour la médecine de l'homme.

Mais à côté de tous ces rapprochements que l'on peut établir entre l'homme et les animaux, il faut bien reconnaître aussi qu'il y a des différences. Ainsi, au point de vue physiologique, l'étude expérimentale des organes des sens et des fonctions cérébrales doit être faite sur l'homme, parce que, d'une part, l'homme est au-dessus des animaux pour des facultés dont les animaux sont dépourvus, et que, d'autre part, les animaux ne peuvent pas nous rendre compte directement des sensations qu'ils éprouvent. Au point de vue pathologique, on constate aussi des différences entre l'homme et les animaux; ainsi les animaux possèdent des maladies parasitiques ou autres qui sont inconnues à l'homme, *aut vice versâ*. Parmi ces maladies il en est qui sont transmissibles de l'homme aux animaux et des animaux à l'homme, et d'autres qui ne le sont pas. Enfin, il y a certaines susceptibilités inflammatoires du péritoine ou d'autres organes qui ne se rencontrent pas développées au même degré chez l'homme que chez les animaux des diverses classes ou des diverses espèces. Mais, loin que ces différences puissent être des motifs pour nous em-

(1) Cl. Bernard, *Recherches sur l'opium et ses alcaloïdes* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1864).

pêcher d'expérimenter et de conclure des recherches pathologiques faites sur ces animaux à celles qui sont observées sur l'homme, elles deviennent des raisons puissantes du contraire. Les diverses espèces d'animaux nous offrent des différences d'aptitudes pathologiques très-nombreuses et très-importantes ; j'ai déjà dit que parmi les animaux domestiques, ânes, chiens et chevaux, il existe des races ou des variétés qui nous offrent des susceptibilités physiologiques ou pathologiques tout à fait spéciales ; j'ai constaté même des différences individuelles souvent assez tranchées. Or, l'étude expérimentale de ces diversités peut seule nous donner l'explication des différences individuelles que l'on observe chez l'homme soit dans les différentes races, soit chez les individus d'une même race, et que les médecins appellent des prédispositions ou des *idiosyncrasies*. Au lieu de rester des états indéterminés de l'organisme, les prédispositions, étudiées expérimentalement, rentreront par la suite dans des cas particuliers d'une loi générale physiologique, qui deviendra ainsi la base scientifique de la médecine pratique.

En résumé, je conclus que les résultats des expériences faites sur les animaux aux points de vue physiologique, pathologique et thérapeutique, sont non-seulement applicables à la médecine théorique, mais je pense que la médecine pratique ne pourra jamais, sans cette étude comparative sur les animaux, prendre le caractère d'une science. Je terminerai, à ce sujet, par les mots de Buffon, auxquels on pourrait donner une signification philosophique différente, mais qui sont

très-vrais scientifiquement dans cette circonstance :
« S'il n'existait pas d'animaux, la nature de l'homme
serait encore plus incompréhensible. »

§ VIII. — **De la comparaison des animaux et l'expérimentation comparative.**

Dans les animaux et particulièrement dans les animaux supérieurs, l'expérimentation est si complexe et entourée de causes d'erreurs prévues ou imprévues si nombreuses et si multipliées, qu'il importe, pour les éviter, de procéder avec la plus grande circonspection. En effet, pour porter l'expérimentation sur les parties de l'organisme que l'on veut explorer, il faut souvent faire des délabrements considérables et produire des désordres médiats ou immédiats qui masquent, altèrent ou détruisent les résultats de l'expérience. Ce sont ces difficultés très-réelles qui ont si souvent entaché d'erreur les recherches expérimentales faites sur les êtres vivants, et qui ont fourni des arguments aux détracteurs de l'expérimentation. Mais la science n'avancerait jamais si l'on se croyait autorisé à renoncer aux méthodes scientifiques parce qu'elles sont imparfaites; la seule chose à faire en ce cas, c'est de les perfectionner. Or, le perfectionnement de l'expérimentation physiologique consiste non-seulement dans l'amélioration des instruments et des procédés opératoires, mais surtout et plus dans l'usage raisonné et bien réglé de l'*expérimentation comparative*.

Nous avons dit ailleurs (page 97) qu'il ne fallait pas

confondre la contre-épreuve expérimentale avec l'expérimentation comparative. La contre-épreuve ne fait aucunement allusion aux causes d'erreurs qui peuvent se rencontrer dans l'observation du fait ; elle les suppose toutes évitées, et elle ne s'adresse qu'au raisonnement expérimental ; elle n'a en vue que de juger si la relation que l'on a établie entre un phénomène et sa cause prochaine est exacte et rationnelle. — La contre-épreuve n'est donc qu'une synthèse qui vérifie une analyse, ou une analyse qui contrôle une synthèse.

L'expérimentation comparative au contraire ne porte que sur la constatation du fait et sur l'art de le dégager des circonstances ou des autres phénomènes avec lesquels il peut être mêlé. L'expérimentation comparative n'est pourtant pas précisément ce que les philosophes ont appelé la méthode par différence. Quand un expérimentateur est en face des phénomènes complexes dus aux propriétés réunies de divers corps, il procède par différenciation, c'est-à-dire qu'il sépare successivement chacun de ces corps un à un, et voit par différence ce qui appartient à chacun d'eux dans le phénomène total. Mais cette méthode d'exploration suppose deux choses : elle suppose d'abord que l'on sait quel est le nombre des corps qui concourent à l'expression de l'ensemble du phénomène ; et ensuite elle admet que ces corps ne se combinent point de manière à confondre leur action dans une résultante harmonique finale. En physiologie la méthode des différences est rarement applicable, parce qu'on ne peut presque jamais se flatter de connaître tous les corps et toutes les conditions qui entrent

dans l'expression d'un ensemble de phénomènes, et parce qu'ensuite, dans une infinité de cas, divers organes du corps peuvent se suppléer dans les phénomènes qui leur étaient en partie communs, et dissimuler plus ou moins ce qui résulte de l'ablation d'une partie limitée. Je suppose, par exemple, que l'on paralyse isolément et successivement tout le corps en n'agissant que sur un seul muscle à la fois, le désordre produit par le muscle paralysé sera plus ou moins remplacé et rétabli par les muscles voisins, et l'on arriverait finalement à conclure que chaque muscle en particulier entre pour peu de chose dans les mouvements du corps. On a très-bien exprimé la nature de cette cause d'erreur en la comparant à ce qui arriverait à un expérimentateur qui supprimerait l'une après l'autre chacune des briques qui servent de base à une colonne. Il verrait, en effet, que la soustraction successive d'une seule brique à la fois ne fait pas chanceler la colonne, et il arriverait à en conclure logiquement mais faussement qu'aucune de ces briques ne sert à soutenir la colonne. L'expérimentation comparative en physiologie répond à une tout autre idée : car elle a pour objet de réduire à l'unité la recherche la plus complexe, et pour résultat d'éliminer en bloc toutes les causes d'erreurs connues ou inconnues.

Les phénomènes physiologiques sont tellement complexes, qu'il ne serait jamais possible d'expérimenter avec quelque rigueur sur les animaux vivants, s'il fallait nécessairement déterminer toutes les modifications que l'on peut apporter dans l'organisme sur lequel on opère.

Mais heureusement il nous suffira de bien isoler le seul phénomène sur lequel doit porter notre examen, en le séparant, à l'aide de l'expérimentation comparative, de toutes les complications qui peuvent l'environner. Or, l'expérimentation comparative atteint ce but en ajoutant dans un organisme semblable, qui doit servir de comparaison, toutes les modifications expérimentales, moins *une*, qui est celle que l'on veut dégager.

Si l'on veut savoir, par exemple, quel est le résultat de la section ou de l'ablation d'un organe profondément situé, et qui ne peut être atteint qu'en blessant beaucoup d'organes circonvoisins, on est nécessairement exposé à confondre dans le résultat total ce qui appartient aux lésions produites par le procédé opératoire avec ce qui appartient proprement à la section et à l'ablation de l'organe dont on veut juger le rôle physiologique. Le seul moyen d'éviter l'erreur consiste à pratiquer sur un animal semblable une opération identique, mais sans faire la section ou l'ablation de l'organe sur lequel on expérimente. On a alors deux animaux chez lesquels toutes les conditions expérimentales sont les mêmes sauf une, l'ablation d'un organe, dont les effets se trouvent alors dégagés et exprimés par la différence que l'on observe entre les deux animaux. L'expérimentation comparative est une règle générale et absolue en médecine expérimentale, et elle s'applique à toute espèce de recherche, soit qu'on veuille connaître les effets sur l'économie des agents divers qui exercent une influence sur elle, soit qu'on veuille reconnaître par des expé-

riences de vivisection le rôle physiologique des diverses parties du corps.

Tantôt l'expérimentation comparative peut être faite sur deux animaux de la même espèce et pris dans des conditions aussi comparables que possible; tantôt il faut faire l'expérience sur le même animal. Quand on agit sur deux animaux, il faut, ainsi que nous venons de le dire, placer les deux animaux semblables dans les mêmes conditions moins *une*, celle que l'on veut comparer. Cela suppose que les deux animaux comparés sont assez semblables pour que la différence que l'on constate sur eux, à la suite de l'expérience, ne puisse pas être attribuée à une différence tenant à leur organisme même. Quand il s'agit d'expérimenter sur des organes ou sur des tissus dont les propriétés sont fixes et faciles à distinguer, la comparaison faite sur deux animaux de la même espèce suffit, mais quand au contraire on veut comparer des propriétés mobiles et délicates, il faut alors faire la comparaison sur le même animal, soit que la nature de l'expérience permette d'expérimenter sur lui successivement et à des reprises différentes, soit qu'il faille agir au même moment et simultanément sur des parties similaires du même individu. En effet, les différences sont plus difficiles à saisir à mesure que les phénomènes qu'on veut étudier deviennent plus mobiles et plus délicats; sous ce rapport, jamais aucun animal n'est absolument comparable à un autre, et de plus, ainsi que nous l'avons déjà dit, le même animal n'est pas non plus comparable à lui-même dans les différents moments où on l'examine, soit

parce qu'il est dans des conditions de nutrition différentes, soit parce que son organisme est devenu moins sensible en ayant pu s'habituer à la substance qu'on lui a donnée ou à l'opération qu'on lui fait subir.

Enfin, il arrive quelquefois qu'il faut étendre l'expérimentation comparative en dehors de l'animal, parce que les causes d'erreurs peuvent aussi se rencontrer dans les instruments que l'on emploie pour expérimenter.

Je me borne ici à signaler et à définir le principe de l'expérimentation comparative; il sera développé à propos des cas particuliers dans le cours de cet ouvrage. Je citerai, dans la troisième partie de cette introduction, des exemples propres à démontrer l'importance de l'expérimentation comparative, qui est la véritable base de la médecine expérimentale; il serait facile en effet de prouver que presque toutes les erreurs expérimentales viennent de ce qu'on a négligé de juger comparativement les faits, ou de ce que l'on a cru comparables des cas qui ne l'étaient pas.

§ IX. — De l'emploi du calcul dans l'étude des phénomènes des êtres vivants; des moyennes et de la statistique.

Dans les sciences expérimentales, la mesure des phénomènes est un point fondamental, puisque c'est par la détermination quantitative d'un effet relativement à une cause donnée que la loi des phénomènes peut être établie. Si en biologie on veut arriver à connaître les lois de la vie, il faut donc non-seulement observer et constater les phénomènes vitaux, mais de plus il faut

fixer numériquement les relations d'intensité dans lesquelles ils sont les uns par rapport aux autres.

Cette application des mathématiques aux phénomènes naturels est le but de toute science, parce que l'expression de la loi des phénomènes doit toujours être mathématique. Il faudrait pour cela que les données soumises au calcul fussent des résultats de faits suffisamment analysés de manière à être sûr qu'on connaît complètement les conditions des phénomènes entre lesquels on veut établir une équation. Or, je pense que les tentatives de ce genre sont prématurées dans la plupart des phénomènes de la vie, précisément parce que ces phénomènes sont tellement complexes, qu'à côté de quelques-unes de leurs conditions que nous connaissons, nous devons non-seulement supposer, mais être certain, qu'il en existe une foule d'autres qui nous sont encore absolument inconnues. Je crois qu'actuellement la voie la plus utile à suivre pour la physiologie et pour la médecine est de chercher à découvrir des faits nouveaux, au lieu d'essayer de réduire en équations ceux que la science possède. Ce n'est point que je condamne l'application mathématique dans les phénomènes biologiques, car c'est par elle seule que, dans la suite, la science se constituera; seulement j'ai la conviction que l'équation générale est impossible pour le moment, l'étude *qualitative* des phénomènes devant nécessairement précéder leur étude *quantitative*.

Les physiciens et les chimistes ont déjà essayé bien souvent de réduire au calcul les phénomènes physico-chimiques des êtres vivants. Parmi les anciens, aussi

bien que parmi les modernes, des physiciens et des chimistes les plus éminents ont voulu établir les principes d'une mécanique animale et les lois d'une statique chimique des animaux. Bien que les progrès des sciences physico-chimiques aient rendu la solution de ces problèmes plus abordable de nos jours que par le passé, cependant il me paraît impossible d'arriver actuellement à des conclusions exactes parce que les bases physiologiques manquent pour asseoir tous ces calculs. On peut bien sans doute établir le bilan de ce que consomme un organisme vivant en aliments et de ce qu'il rend en excréments, mais ce ne seront là que de purs résultats de statistique incapables d'apporter la lumière sur les phénomènes intimes de la nutrition chez les êtres vivants. Ce serait, suivant l'expression d'un chimiste hollandais, vouloir raconter ce qui se passe dans une maison en regardant ce qui entre par la porte et ce qui sort par la cheminée. On peut fixer exactement les deux termes extrêmes de la nutrition, mais si l'on veut ensuite interpréter l'intermédiaire qui les sépare, on se trouve dans un inconnu dont l'imagination crée la plus grande partie, et d'autant plus facilement que les chiffres se prêtent souvent merveilleusement à la démonstration des hypothèses les plus diverses. Il y a vingt-cinq ans, à mon début dans la carrière physiologique, j'essayai, je crois, un des premiers, de porter l'expérimentation dans le milieu intérieur de l'organisme, afin de suivre pas à pas et expérimentalement toutes ces transformations de matières que les chimistes expliquaient théoriquement. J'insti-

tuai alors des expériences pour rechercher comment se détruit dans l'être vivant le sucre, un des principes alimentaires les mieux définis. Mais, au lieu de m'instruire sur la destruction du sucre, mes expériences me conduisirent à découvrir (1) qu'il se produit constamment du sucre dans les animaux, indépendamment de la nature de l'alimentation. De plus, ces recherches me donnèrent la conviction qu'il s'accomplit dans le milieu organique animal une infinité de phénomènes physico-chimiques très-complexes qui donnent naissance à beaucoup d'autres produits que nous ignorons encore, et dont les chimistes ne tiennent par conséquent aucun compte dans leurs équations de statique.

Ce qui manque aux statiques chimiques de la vie ou aux diverses appréciations numériques que l'on donne des phénomènes physiologiques, ce ne sont certainement point les lumières chimiques ni la rigueur des calculs; mais ce sont leurs bases physiologiques qui, la plupart du temps, sont fausses par cela seul qu'elles sont incomplètes. On est ensuite conduit à l'erreur d'autant plus facilement qu'on part de ce résultat expérimental incomplet, et qu'on raisonne sans vérifier à chaque pas les déductions du raisonnement. Je vais citer des exemples de ces calculs que je condamne en les prenant dans des ouvrages pour lesquels j'ai d'ailleurs la plus grande estime. MM. Bidder et Schmidt (de Dorpat) ont publié en 1852 des travaux très-importants sur la digestion et sur la nutrition. Leurs recherches contiennent des

(1) Voyez la troisième partie de cette introduction.

matériaux bruts, excellents et très-nombreux; mais les déductions de leurs calculs sont souvent selon moi hasardées ou erronées. Ainsi, par exemple, ces auteurs ont pris un chien pesant 16 kilogrammes, ils ont placé dans le conduit de la glande sous-maxillaire un tube par lequel s'écoulait la sécrétion, et ils ont obtenu en une heure 5^{sr},640 de salive; d'où ils concluent que pour les deux glandes cela doit faire 11^{sr},280. Ils ont ensuite placé un autre tube dans le conduit d'une glande parotide du même animal, et ils ont obtenu en une heure 8^{sr},790 de salive, ce qui pour les deux glandes parotides équivaldrait à 17^{sr},580. Maintenant, ajoutent-ils, si l'on veut appliquer ces nombres à l'homme, il faut établir que l'homme étant environ quatre fois plus pesant que le chien en question, nous offre un poids de 64 kilogrammes; par conséquent le calcul établi sur ce rapport nous donne pour les glandes sous-maxillaires de l'homme 45 grammes de salive en une heure, soit par jour 1^{ki},082. Pour les glandes parotides nous avons en une heure 70 grammes, soit par jour 1^{ki},687; ce qui, réduction faite de moitié, donnerait environ 1^{ki},40 de salive sécrétée en vingt-quatre heures par les glandes salivaires d'un homme adulte, etc. (1).

Il n'y a dans ce qui précède, ainsi que le sentent bien les auteurs eux-mêmes, qu'une chose qui soit vraie, c'est le résultat brut qu'on a obtenu sur le chien, mais tous les calculs qu'on en déduit sont établis sur des

(1) Bidder et Schmidt, *Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel*. Mitau und Leipzig, 1852. S. 12.

bases fausses ou contestables; d'abord il n'est pas exact de doubler le produit d'une des glandes pour avoir celui des deux, parce que la physiologie apprend que le plus souvent les glandes doubles sécrètent alternativement, et que, quand l'une sécrète beaucoup, l'autre sécrète moins; ensuite, outre les deux glandes salivaires sous-maxillaire et parotide, il en existe encore d'autres dont il n'est pas fait mention. Il est ensuite inexact de croire qu'en multipliant par 24 le produit de la salive d'une heure, on ait la salive versée dans la bouche de l'animal en vingt-quatre heures. En effet, la sécrétion salivaire est éminemment intermittente et n'a lieu qu'au moment du repas ou d'une excitation; pendant tout le reste du temps, la sécrétion est nulle ou insignifiante. Enfin la quantité de salive qu'on a obtenue des glandes salivaires du chien mis en expérience n'est pas une quantité absolue; elle aurait été nulle si l'on n'avait pas excité la membrane muqueuse buccale, elle aurait pu être plus ou moins considérable si l'on avait employé une autre excitation plus forte ou plus faible que celle du vinaigre.

Maintenant, quant à l'application des calculs précédents à l'homme, elle est encore plus discutable. Si l'on avait multiplié la quantité de salive obtenue par le poids des glandes salivaires, on aurait obtenu un rapport plus rapproché, mais je n'admets pas qu'on puisse calculer la quantité de salive sur le poids de tout le corps pris en masse. L'appréciation d'un phénomène par kilo du corps de l'animal me paraît tout à fait inexacte, quand on y comprend des tissus de toute na-

ture et étrangers à la production du phénomène sur lequel on calcule.

Dans la partie de leurs recherches qui concerne la nutrition, MM. Bidder et Schmidt ont donné une expérience très-importante et peut-être une des plus laborieuses qui aient jamais été exécutées. Ils ont fait, au point de vue de l'analyse élémentaire, le bilan de tout ce qu'une chatte a pris et rendu pendant huit jours d'alimentation et dix-neuf jours d'abstinence. Mais cette chatte s'est trouvée dans des conditions physiologiques qu'ils ignoraient; elle était pleine et elle mit bas ses petits au dix-septième jour de l'expérience. Dans cette circonstance les auteurs ont considéré les petits comme des excréments et les ont calculés avec les substances éliminées comme une simple perte de poids (1). Je crois qu'il faudrait justifier ces interprétations quand il s'agit de préciser des phénomènes aussi complexes.

En un mot, je considère que, si dans ces travaux de statique chimique appliqués aux phénomènes de la vie, les chiffres répondent à la réalité, ce n'est que par hasard ou parce que le sentiment des expérimentateurs dirige et redresse le calcul. Toutefois je répéterai que la critique que je viens de faire ne s'adresse pas en principe à l'emploi du calcul dans la physiologie, mais qu'elle est seulement relative à son application dans l'état actuel de complexité des phénomènes de la vie. Je suis d'ailleurs heureux de pouvoir ici m'appuyer sur

(1) Bidder et Schmidt, *loc. cit.*, p. 397.

l'opinion de physiciens et de chimistes les plus compétents en pareille matière. MM. Regnault et Reiset, dans leur beau travail sur la respiration, s'expriment ainsi à propos des calculs que l'on a donnés pour établir la théorie de la chaleur animale : « Nous ne doutons pas que la chaleur animale ne soit produite *entièrement* par les réactions chimiques qui se passent dans l'économie; mais nous pensons que le phénomène est beaucoup trop complexe pour qu'il soit possible de le calculer d'après la quantité d'oxygène consommé. Les substances qui se brûlent par la respiration sont formées en général de carbone, d'hydrogène, d'azote ou d'oxygène, souvent en proportions considérables; lorsqu'elles se détruisent complètement par la respiration, l'oxygène qu'elles renferment contribue à la formation de l'eau et de l'acide carbonique, et la chaleur qui se dégage est alors nécessairement bien différente de celle que produiraient, en se brûlant, le carbone et l'hydrogène, supposés libres. Ces substances ne se détruisent d'ailleurs pas complètement, une portion se transforme en d'autres substances qui jouent des rôles spéciaux dans l'économie animale, ou qui s'échappent, dans des excréments, à l'état de matières très-oxydées (urée, acide urique). Or, dans toutes ces transformations et dans les assimilations de substances qui ont lieu dans les organes, il y a dégagement ou absorption de chaleur; mais les phénomènes sont évidemment tellement complexes, qu'il est peu probable qu'on parvienne jamais à les soumettre au calcul. C'est donc par une coïncidence fortuite que les quantités de chaleur, dégagées par un

animal, se sont trouvées, dans les expériences de Lavoisier, de Dulong et de Despretz, à peu près égales à celles que donneraient en brûlant le carbone contenu dans l'acide carbonique produit, et l'hydrogène dont on détermine la quantité par une hypothèse *bien gratuite*, en admettant que la portion de l'oxygène consommée qui ne se retrouve pas dans l'acide carbonique a servi à transformer cet oxygène en eau (1). »

Les phénomènes chimico-physiques de l'organisme vivant sont donc encore aujourd'hui trop complexes pour pouvoir être embrassés dans leur ensemble autrement que par des hypothèses. Pour arriver à la solution exacte de problèmes aussi vastes, il faut commencer par analyser les résultantes de ces réactions compliquées, et les décomposer au moyen de l'expérimentation en questions simples et distinctes. J'ai déjà fait quelques tentatives dans cette voie analytique, en montrant qu'au lieu d'embrasser le problème de la nutrition en bloc, il importe d'abord de déterminer la nature des phénomènes physico-chimiques qui se passent dans un organe formé d'un tissu défini, tel qu'un muscle, une glande, un nerf; qu'il est nécessaire en même temps de tenir compte de l'état de fonction ou de repos de l'organe. J'ai montré de plus que l'on peut régler à volonté l'état de repos et de fonction d'un organe à l'aide de ses nerfs, et que l'on peut même agir sur lui localement en se mettant à l'abri du retentisse-

(1) Voy. Regnault et Reiset, *Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes* (Ann. de chimie et de physique, III^e série, t. XXVI, p. 217).

ment sur l'organisme, quand on a préalablement séparé les nerfs périphériques des centres nerveux (1). Quand on aura ainsi analysé les phénomènes physico-chimiques propres à chaque tissu, à chaque organe, alors seulement on pourra essayer de comprendre l'ensemble de la nutrition et de faire une statique chimique fondée sur une base solide, c'est-à-dire sur l'étude de faits physiologiques précis, complets et comparables.

Une autre forme d'application très-fréquente des mathématiques à la biologie se trouve dans l'usage des moyennes ou dans l'emploi de la statistique qui, en médecine et en physiologie, conduisent pour ainsi dire nécessairement à l'erreur. Il y a sans doute plusieurs raisons pour cela ; mais le plus grand écueil de l'application du calcul aux phénomènes physiologiques, est toujours au fond leur trop grande complexité qui les empêche d'être définis et suffisamment comparables entre eux. L'emploi des *moyennes* en physiologie et en médecine ne donne le plus souvent qu'une fausse précision aux résultats en détruisant le caractère biologique des phénomènes. On pourrait distinguer, à notre point de vue, plusieurs espèces de moyennes : les moyennes physiques, les moyennes chimiques et les moyennes physiologiques ou pathologiques. Si l'on observe, par exemple, le nombre des pulsations et l'intensité de la pression sanguine par les oscillations d'un instrument

(1) Claude Bernard, *Sur le changement de couleur du sang dans l'état de fonction et de repos des glandes. — Analyse du sang des muscles au repos et en contraction. Leçons sur les liquides de l'organisme*. Paris, 1859.

hémométrique pendant toute une journée et qu'on prenne la moyenne de tous ces chiffres pour avoir la pression vraie ou moyenne du sang, ou pour connaître le nombre vrai ou moyen de pulsations, on aura précisément des nombres faux. En effet, la pulsation diminue de nombre et d'intensité à jeun et augmente pendant la digestion ou sous d'autres influences de mouvement ou de repos; tous ces caractères biologiques du phénomène disparaissent dans la moyenne. On fait aussi très-souvent usage des moyennes chimiques. Si l'on recueille l'urine d'un homme pendant vingt-quatre heures et qu'on mélange toutes les urines pour avoir l'analyse de l'urine moyenne, on a précisément l'analyse d'une urine qui n'existe pas; car à jeun l'urine diffère de celle de la digestion, et ces différences disparaissent dans le mélange. Le sublime du genre a été imaginé par un physiologiste qui, ayant pris de l'urine dans un urinoir de la gare d'un chemin de fer où passaient des gens de toutes les nations, crut pouvoir donner ainsi l'analyse de l'urine *moyenne* européenne! A côté de ces moyennes physiques et chimiques, il y a les moyennes physiologiques, ou ce qu'on pourrait appeler les descriptions moyennes de phénomènes qui sont encore plus fausses. Je suppose qu'un médecin recueille un grand nombre d'observations particulières sur une maladie, et qu'il fasse ensuite une description moyenne de tous les symptômes observés dans les cas particuliers; il aura ainsi une description qui ne se trouvera jamais dans la nature. De même en physiologie il ne faut jamais donner des descriptions moyennes d'expériences, parce que les

vrais rapports des phénomènes disparaissent dans cette moyenne; quand on a affaire à des expériences complexes et variables, il faut en étudier les diverses circonstances et ensuite donner l'expérience la plus parfaite comme type, mais qui représentera toujours un fait vrai. Les moyennes, dans les cas où nous venons de les considérer, doivent donc être repoussées parce qu'elles confondent en voulant réunir, et faussent en voulant simplifier. Les moyennes ne sont applicables qu'à la réduction de données numériques variant très-peu et se rapportant à des cas parfaitement déterminés et *absolument simples*.

Je signalerai encore comme entachée de nombreuses causes d'erreurs la réduction des phénomènes physiologiques au kilo d'animal. Cette méthode est fort employée par les physiologistes depuis un certain nombre d'années dans l'étude des phénomènes de la nutrition (voy. page 230). On observe, par exemple, ce qu'un animal consomme d'oxygène ou d'un aliment quelconque en un jour; puis on divise par le poids de l'animal et l'on en tire la consommation d'aliment ou d'oxygène par kilo d'animal. On peut aussi appliquer cette méthode pour doser l'action des substances toxiques ou médicamenteuses. On empoisonne un animal avec une dose limite de strychnine ou de curare, et l'on divise la quantité de poison administrée par le poids du corps pour avoir la quantité de poison par kilo. Il faudrait, pour être plus exact, dans les expériences que nous venons de citer, calculer non par kilo du corps de l'animal, pris en masse, mais par kilo du sang et de l'élé-

ment sur lequel agit le poison ; sans cela on ne saurait tirer de ces réductions aucune loi directe. Mais il resterait encore d'autres conditions qu'il faudrait de même établir expérimentalement et qui varient avec l'âge, la taille, l'état de digestion, etc. ; telles sont toutes les conditions physiologiques, qui, dans ces mesures, doivent toujours tenir le premier rang.

En résumé, toutes les applications du calcul seraient excellentes si les conditions physiologiques étaient bien exactement déterminées. C'est donc sur la détermination de ces conditions que le physiologiste et le médecin doivent concentrer pour le moment tous leurs efforts. Il faut d'abord déterminer exactement les conditions de chaque phénomène ; c'est là la véritable exactitude biologique, et sans cette première étude toutes les données numériques sont inexactes, et d'autant plus inexactes qu'elles donnent des chiffres qui trompent et en imposent par une fausse apparence d'exactitude.

Quant à la *statistique*, on lui fait jouer un grand rôle en médecine, et dès lors elle constitue une question médicale qu'il importe d'examiner ici. La première condition pour employer la statistique, c'est que les faits auxquels on l'applique soient exactement observés afin de pouvoir être ramenés à des unités comparables entre elles. Or, cela ne se rencontre pas le plus souvent en médecine. Tous ceux qui connaissent les hôpitaux savent de quelles causes d'erreurs grossières ont pu être empreintes les déterminations qui servent de base à la statistique. Très-souvent le nom des maladies a été donné au hasard, soit parce que le diagnostic était

obscur, soit parce que la cause de mort a été inscrite sans y attacher aucune importance scientifique, par un élève qui n'avait pas vu le malade, ou par une personne de l'administration étrangère à la médecine. Sous ce rapport, il ne pourrait y avoir de statistique pathologique valable que celle qui est faite avec des résultats recueillis par le statisticien lui-même. Mais dans ce cas même, jamais deux malades ne se ressemblent exactement ; l'âge, le sexe, le tempérament, et une foule d'autres circonstances apporteront toujours des différences, d'où il résulte que la moyenne ou le rapport que l'on déduira de la comparaison des faits sera toujours sujet à contestation. Mais, même par hypothèse, je ne saurais admettre que les faits puissent jamais être absolument identiques et comparables dans la statistique, il faut nécessairement qu'ils diffèrent par quelque point, car sans cela la statistique conduirait à un résultat scientifique, absolu, tandis qu'elle ne peut donner qu'une *probabilité*, mais jamais une *certitude*. J'avoue que je ne comprends pas pourquoi on appelle *lois* les résultats qu'on peut tirer de la statistique ; car la loi scientifique, suivant moi, ne peut être fondée que sur une certitude et sur un déterminisme absolu et non sur une probabilité. Ce serait sortir de mon sujet que d'aller m'égarer dans toutes les explications qu'on pourrait donner sur la valeur des méthodes de statistique fondées sur le calcul des probabilités ; mais cependant il est indispensable que je dise ici ce que je pense de l'application de la statistique aux sciences physiologiques en général, et à la médecine en particulier.

Il faut reconnaître dans toute science deux classes de phénomènes, les uns dont la cause est actuellement *déterminée*, les autres dont la cause est encore *indéterminée*. Pour tous les phénomènes dont la cause est déterminée, la statistique n'a rien à faire; elle serait même absurde. Ainsi, dès que les circonstances de l'expérience sont bien établies, on ne peut plus faire de statistique : on n'ira pas, par exemple, rassembler les cas pour savoir combien de fois il arrivera que l'eau soit formée d'oxygène et d'hydrogène; pour savoir combien de fois il arrivera qu'en coupant le nerf sciatique on ait la paralysie des muscles auxquels il se rend. Les effets arriveront toujours sans exception et nécessairement, parce que la cause du phénomène est exactement déterminée. Ce n'est donc que lorsqu'un phénomène renferme des conditions encore indéterminées qu'on pourrait faire de la statistique; mais ce qu'il faut savoir, c'est qu'on ne fait de la statistique que parce qu'on est dans l'impossibilité de faire autrement; car jamais la statistique, suivant moi, ne peut donner la vérité scientifique et ne peut constituer par conséquent une méthode scientifique définitive. Un exemple expliquera ma pensée. Des expérimentateurs, ainsi que nous le verrons plus loin, ont donné des expériences dans lesquelles ils ont trouvé que les racines rachidiennes antérieures étaient insensibles; d'autres expérimentateurs ont donné des expériences dans lesquelles ils ont trouvé que les mêmes racines étaient sensibles. Ici les cas paraissaient aussi comparables que possible; il s'agissait de la même opération faite par le même

procédé, sur les mêmes animaux, sur les mêmes racines rachidiennes. Fallait-il alors compter les cas positifs et négatifs et dire : La loi est que les racines antérieures sont sensibles, par exemple : 25 fois sur 100 ? Ou bien fallait-il admettre, d'après la théorie de ce qu'on appelle la loi des grands nombres, que dans un nombre immense d'expériences on serait arrivé à trouver que les racines sont aussi souvent sensibles qu'insensibles ? Une pareille statistique eût été ridicule, car il y a une raison pour que les racines soient insensibles et une autre raison pour qu'elles soient sensibles ; c'est cette raison qu'il fallait déterminer, je l'ai cherchée et je l'ai trouvée ; de sorte qu'on peut dire maintenant : Les racines rachidiennes antérieures sont *toujours sensibles* dans des conditions données, et *toujours insensibles* dans d'autres conditions également déterminées.

Je citerai encore un autre exemple emprunté à la chirurgie. Un grand chirurgien fait des opérations de taille par le même procédé ; il fait ensuite un relevé statistique des cas de mort et des cas de guérison, et il conclut, d'après la statistique, que la loi de la mortalité dans cette opération est de deux sur cinq. Eh bien, je dis que ce rapport ne signifie absolument rien scientifiquement et ne donne aucune certitude pour faire une nouvelle opération, car on ne sait pas si ce nouveau cas devra être dans les guéris ou dans les morts. Ce qu'il y a réellement à faire, au lieu de rassembler empiriquement les faits, c'est de les étudier plus exactement et chacun dans leur déterminisme spécial. Il faut examiner les cas de mort avec grand soin, chercher à y décou-

vir la cause des accidents mortels, afin de s'en rendre maître et d'éviter ces accidents. Alors, si l'on connaît exactement la cause de la guérison et la cause de la mort, on aura toujours la guérison dans un cas déterminé. On ne saurait admettre, en effet, que les cas qui ont eu des terminaisons différentes fussent identiques en tout point. Il y a évidemment quelque chose qui a été cause de la mort chez le malade qui a succombé, et qui ne s'est pas rencontré chez le malade qui a guéri; c'est ce quelque chose qu'il faut déterminer, et alors on pourra agir sur ces phénomènes ou les reconnaître et les prévoir exactement; alors seulement on aura atteint le déterminisme scientifique. Mais ce n'est pas à l'aide de la statistique qu'on y arrivera; jamais la statistique n'a rien appris ni ne peut rien apprendre sur la nature des phénomènes. J'appliquerai encore ce que je viens de dire à toutes les statistiques faites pour connaître l'efficacité de certains remèdes dans la guérison des maladies. Outre qu'on ne peut pas faire le dénombrement des malades qui guérissent tout seuls, malgré le remède, la statistique n'apprend absolument rien sur le mode d'action du médicament ni sur le mécanisme de la guérison chez ceux où le remède aurait pu avoir une action.

Les coïncidences, dit-on, peuvent jouer dans les causes d'erreurs de la statistique un si grand rôle, qu'il ne faut conclure que d'après des grands nombres. Mais le médecin n'a que faire de ce qu'on appelle la *loi des grands nombres*, loi qui, suivant l'expression d'un grand mathématicien, est toujours vraie en général et fausse

en particulier. Ce qui veut dire que la loi des grands nombres n'apprend jamais rien pour un cas particulier. Or, ce qu'il faut au médecin, c'est de savoir si son malade guérira, et la recherche du déterminisme scientifique seul peut le conduire à cette connaissance. Je ne comprends pas qu'on puisse arriver à une science pratique et précise en se fondant sur la statistique. En effet, les résultats de la statistique, même ceux qui sont fournis par les grands nombres, semblent indiquer qu'il y a dans les variations des phénomènes une compensation qui amène la loi; mais comme cette compensation est illimitée, cela ne peut jamais rien nous apprendre sur un cas particulier, même de l'aveu des mathématiciens; car ils admettent que, si la boule rouge est sortie cinquante fois de suite, ce n'est pas une raison pour qu'une boule blanche ait plus de chance de sortir la cinquante et unième fois.

La statistique ne saurait donc enfanter que les sciences conjecturales; elle ne produira jamais les sciences actives et expérimentales, c'est-à-dire les sciences qui règlent les phénomènes d'après les lois déterminées. On obtiendra par la statistique une conjecture avec une probabilité plus ou moins grande, sur un cas donné, mais jamais une certitude, jamais une détermination absolues. Sans doute la statistique peut guider le pronostic du médecin, et en cela elle lui est utile. Je ne repousse donc pas l'emploi de la statistique en médecine, mais je blâme qu'on ne cherche pas à aller au delà et qu'on croie que la statistique doive servir de base à la science médicale; c'est cette idée fausse qui porte

certain médecins à penser que la médecine ne peut être que conjecturale, et ils en concluent que le médecin est un artiste qui doit suppléer à l'indéterminisme des cas particuliers par son génie, par son tact médical. Ce sont là des idées antiscientifiques contre lesquelles il faut s'élever de toutes ses forces, parce que ce sont elles qui contribuent à faire croupir la médecine dans l'état où elle est depuis si longtemps. Toutes les sciences ont nécessairement commencé par être conjecturales, il y a encore aujourd'hui dans chaque science des parties conjecturales. La médecine est encore presque partout conjecturale, je ne le nie pas ; mais je veux dire seulement que la science moderne doit faire ses efforts pour sortir de cet état provisoire qui ne constitue pas un état scientifique définitif pas plus pour la médecine que pour les autres sciences. L'état scientifique sera plus long à se constituer et plus difficile à obtenir en médecine à cause de la complexité des phénomènes ; mais le but du médecin savant est de ramener dans sa science comme dans toutes les autres l'indéterminé au déterminé. La statistique ne s'applique donc qu'à des cas dans lesquels il y a encore indétermination dans la cause du phénomène observé. Dans ces circonstances, la statistique ne peut servir, suivant moi, qu'à diriger l'observateur vers la recherche de cette cause indéterminée, mais elle ne peut jamais conduire à aucune loi réelle. J'insiste sur ce point, parce que beaucoup de médecins ont grande confiance dans la statistique, et ils croient que, lorsqu'elle est établie sur des faits bien observés qu'ils considèrent comme comparables entre eux, elle peut conduire à la

connaissance de la loi des phénomènes. J'ai dit plus haut que jamais les faits ne sont identiques, dès lors la statistique n'est qu'un dénombrement empirique d'observations.

En un mot, en se fondant sur la statistique, la médecine ne pourrait être jamais qu'une science conjecturale; c'est seulement en se fondant sur le déterminisme expérimental qu'elle deviendra une science vraie, c'est-à-dire une science certaine. Je considère cette idée comme le pivot de la médecine expérimentale, et, sous ce rapport, le médecin expérimentateur se place à un tout autre point de vue que le médecin dit observateur. En effet, il suffit qu'un phénomène se soit montré une seule fois avec une certaine apparence pour admettre que dans les mêmes conditions il doive se montrer toujours de la même manière. Si donc il diffère dans ses manifestations, c'est que les conditions diffèrent. Mais il n'y a pas de lois dans l'indéterminisme; il n'y en a que dans le déterminisme expérimental, et sans cette dernière condition, il ne saurait y avoir de science. Les médecins en général semblent croire qu'en médecine il y a des lois élastiques et indéterminées. Ce sont là des idées fausses qu'il faut faire disparaître si l'on veut fonder la médecine scientifique. La médecine, en tant que science, a nécessairement des lois qui sont précises et déterminées, qui, comme celles de toutes les sciences, dérivent du criterium expérimental. C'est au développement de ces idées que sera spécialement consacré mon ouvrage, et je l'ai intitulé *Principes de médecine expérimentale*, pour indiquer que ma pensée

est simplement d'appliquer à la médecine les principes de la méthode expérimentale, afin qu'au lieu de rester science conjecturale fondée sur la statistique, elle puisse devenir une science exacte fondée sur le déterminisme expérimental. En effet, une science conjecturale peut reposer sur l'indéterminé ; mais une science expérimentale n'admet que des phénomènes déterminés ou déterminables.

Le déterminisme dans l'expérience donne seul la loi qui est absolue, et celui qui connaît la loi véritable n'est plus libre de prévoir le phénomène autrement. L'indéterminisme dans la statistique laisse à la pensée une certaine liberté limitée par les nombres eux-mêmes, et c'est dans ce sens que les philosophes ont pu dire que la liberté commence où le déterminisme finit. Mais quand l'indéterminisme augmente, la statistique ne peut plus le saisir et l'enfermer dans une limite de variations. On sort alors de la science, car c'est le *hasard* ou une cause occulte quelconque qu'on est obligé d'invoquer pour régir les phénomènes. Certainement nous n'arriverons jamais au déterminisme absolu de toute chose ; l'homme ne pourrait plus exister. Il y aura donc toujours de l'indéterminisme dans toutes les sciences, et dans la médecine plus que dans toute autre. Mais la conquête intellectuelle de l'homme consiste à faire diminuer et à refouler l'indéterminisme à mesure qu'à l'aide de la méthode expérimentale il gagne du terrain sur le déterminisme. Cela seul doit satisfaire son ambition, car c'est par cela qu'il étend et qu'il étendra de plus en plus sa puissance sur la nature.